

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-06

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

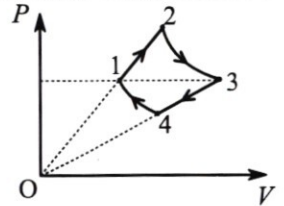
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 2,5 раза, а модули ускорений равны.

- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. В процессе 3-4 объем газа уменьшается в $k = 1,9$ раза.

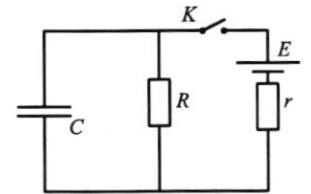
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.



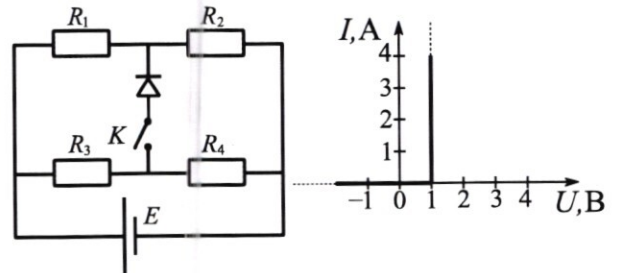
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти напряжение на резисторе R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти заряд конденсатора непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.



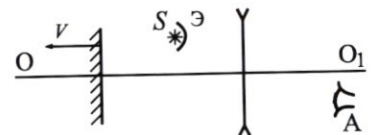
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 3$ Вт?



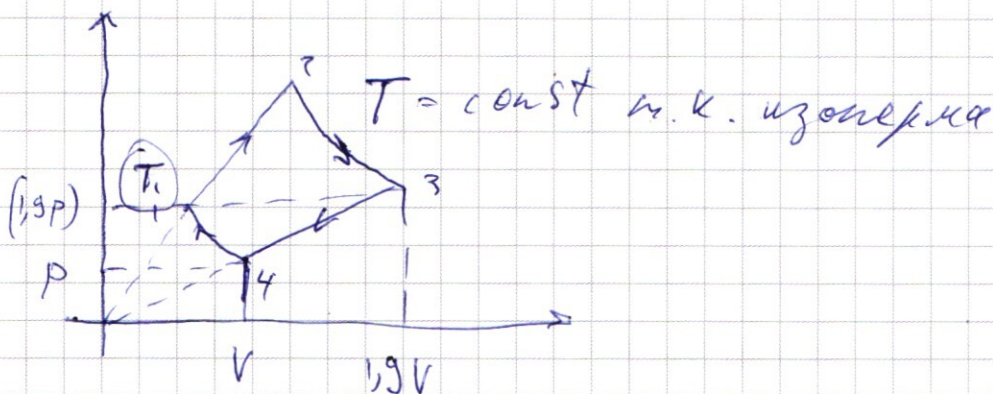
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $4F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $8F/5$ от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание №2



Пусть в точке 4 давление p , объем V . Давление в точке 1 = давлению в 3
Поскольку процесс 3-4 — прямая про-
порциональность, то $\frac{V_3}{V_4} = \frac{p_3}{p_4} \Rightarrow$
 $\Rightarrow p_3 = p_1 = 1,9p$

Запишем ур-ие Менделеева-Клапейрона для
точек 4 и 3

$$pV = \nu RT, \quad \Rightarrow \frac{T}{T_1} = (1,9)^2$$

$$1,9p \cdot 1,9V = \nu RT$$

$$T = 2,61 T_1$$

По закону Б.-М. (изотерма)

$$p_4 V_4 = p_1 V_1$$

$$p \cdot V = 1,9p V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{V}{1,9}$$

Пусть давление в Т.2 возросло в n раз,
по сравнению с Т.1

тогда, т.к. процесс прямой зависимости,
т.е. объем возрастает в n раз

Занедем из М.-К.

$$p \cdot V = \nu R T_1$$

$$np \cdot nV = \nu R T$$

$$n^2 = \frac{T}{T_1} = 1,9^2 \Rightarrow V_2 = 1,9 V_1 = 1,9 \cdot \frac{V}{1,9} = V \Rightarrow$$

\Rightarrow Объемы в т.2 и т.4 равны

$$\boxed{\frac{V_4}{V_2} = 1}$$

Процесс 3-4 - политропа $\Rightarrow Q = cV \cancel{\nu R} (T_4 - T_3)$

По 1-ому М.К.

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \nu R (T_4 - T_3)$$

~~A~~ A - площадь под графиком 3-4, взятая со знаком минус т.к. стала

$$A = -\frac{1}{2} (p_4 + p_3) (V_3 - V_4) =$$

$$= -\frac{1}{2} (p_4 V_3 + p_3 V_3 - p_4 V_4 - p_3 V_4)$$

т.к. прямая пропорц., то

$$\frac{p_4}{p_3} = \frac{V_4}{V_3} \Rightarrow p_4 V_3 = p_3 V_4$$

$$A = -\frac{1}{2} (p_3 V_3 - p_4 V_4) \quad \text{по М.-К. } p_3 V_3 = \nu R T_3 \quad p_4 V_4 = \nu R T_4$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R (T_4 - T_3)$$

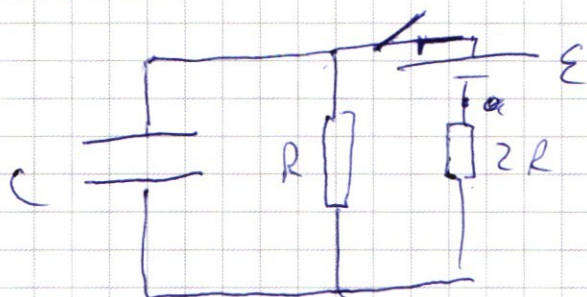
$$cV (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) + \frac{1}{2} \nu R (T_4 - T_3) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{c = 2R}$$

Ответ: 1) $T = 2,61 T_1$; 2) $\frac{V_4}{V_2} = 1$; 3) $c = 2R$

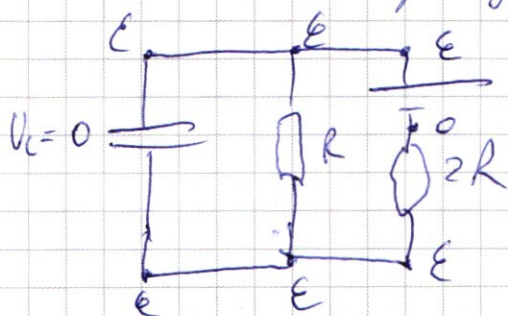
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3



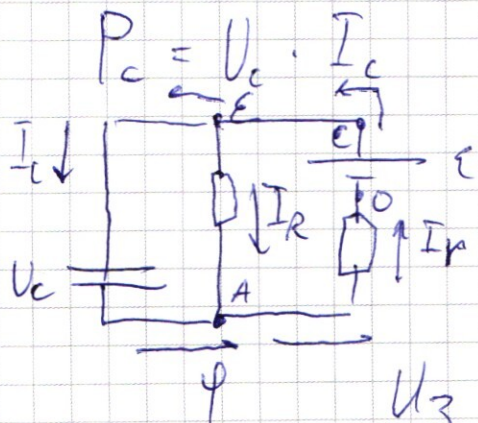
Используем
метод потенциалов

Сразу после замыкания ключа
напряжение на конденсаторе не изме-
нится. Нарисуем сразу после замыкания



Видим, что напря-
жение на резисторе R
в начале = $\epsilon - \epsilon = 0$

$$U_R = 0$$



Для нахождения мощ-
ности на конденс. введем
гор. потенциал φ (в точке A)

Из рисунка видно, что
 $\epsilon - \varphi = U_c$ $\varphi = \epsilon - U_c$

Пусть ток через R = I_R , через r = I_r , через

$$C = I_c$$

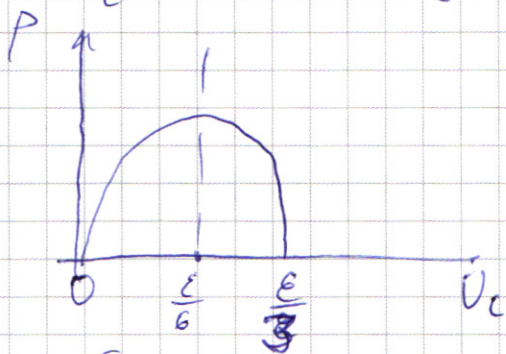
Из ЗСЗ где м. А $I_c + I_R = I_r$

$$I_R = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} \quad I_r = \frac{\varphi}{r}$$

$$I_c = I_r - I_R = \frac{\varphi}{r} - \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} = \frac{\mathcal{E} - U_c}{2R} - \frac{U_c}{R} = \frac{\mathcal{E} - 3U_c}{2R}$$

$P_c = I_c \cdot U_c = \frac{\mathcal{E} - 3U_c}{2R} \cdot U_c$ - видно что график ур-ия мощности от U_c - перевернутая парабола с нулями в точках

$$U_c = 0 \text{ и } U_c = \frac{\mathcal{E}}{3}$$



~~Видно,~~

Заметим, что максимум мощности на С (с ростом измерения энергии).

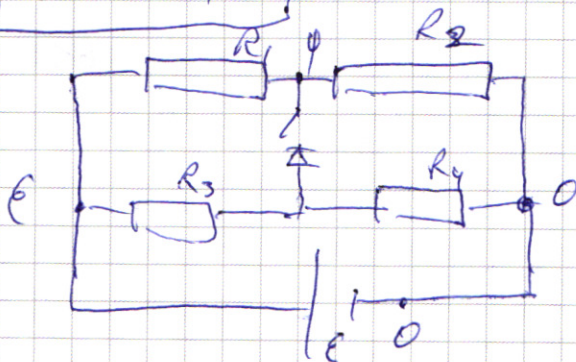
будет достигаться при $U_c = \frac{\mathcal{E}}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\mathcal{E}}{6}$.

$$q_c = C \cdot U_c = C \cdot \frac{\mathcal{E}}{6}$$

$$P_{\max} = \frac{\mathcal{E} - 3 \cdot \frac{\mathcal{E}}{6}}{2R} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$$

Ответ: $U_c(0) = 0$; $q_c(\tau) = \frac{C\mathcal{E}}{6}$; $P_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

Задача №4



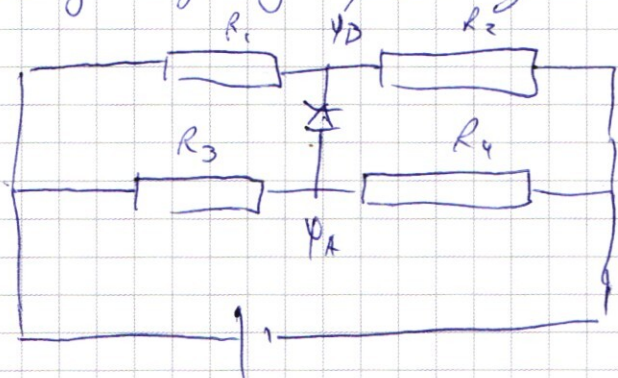
Уск.
Мет. узд. пом.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$I_{R_1}(0) = \frac{\varepsilon - 0}{R_1 + R_2} = \frac{12 \text{ В}}{6} = 2 \text{ А}$$

Когда ^{ключ} диод ~~на~~ замкнут



Найдем R_3 при которых диод зашкнут.
В этом случае

$$\varphi_A = \frac{\varepsilon}{R_3 + R_4} \cdot R_4$$

$$\varphi_B = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$

Условие зашкнутости диода

$$\varphi_A - \varphi_B < U_0$$

$$\frac{\varepsilon \cdot R_4}{R_3 + R_4} - \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2} < U_0$$

$$\varepsilon R_3 (R_1 + R_2) - \varepsilon R_1 (R_3 + R_4) < U_0 (R_1 + R_2) (R_3 + R_4)$$

$$\varepsilon R_3 R_1 + \varepsilon R_3 R_2 - \varepsilon R_1 R_3 - \varepsilon R_1 R_4 < U_0 R_1 R_3 + U_0 R_1 R_4 + U_0 R_2 R_3 + U_0 R_2 R_4$$

$$R_3 (\varepsilon R_1 + \varepsilon R_2 - \varepsilon R_1 - U_0 R_1 - U_0 R_2) < U_0 R_1 R_4 + U_0 R_2 R_4 + \varepsilon R_1 R_4$$

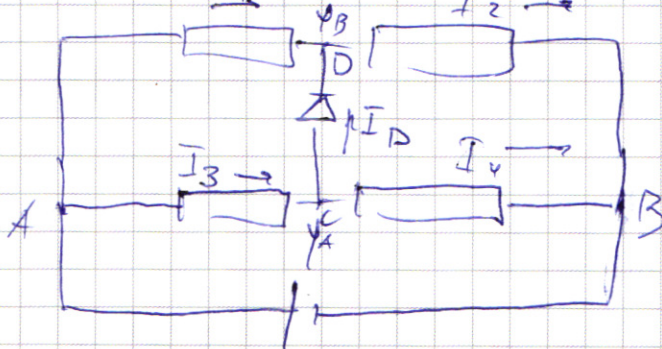
$$R_3 < \frac{U_0 R_1 R_4 + U_0 R_2 R_4 + \varepsilon R_1 R_4}{\varepsilon R_2 - U_0 R_1 - U_0 R_2}$$

$$R_3 < \frac{1 \cdot 5 \cdot 22 + 1 \cdot 1 \cdot 22 + 12 \cdot 5 \cdot 22}{12 - 5 - 1}$$

$$= \frac{110 + 22 + 1320}{12 - 5 - 1} = \frac{1452}{6} = 242 \text{ Ом}$$

т.е. при $R_3 > 242$ Ом годо открыта

$$P_D = U_D \cdot I_D \Rightarrow I_D = \frac{P_D}{U_D}$$



по ЗСЗ для A и B

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$\varphi_A - \varphi_B = U_0$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon - \varphi_D}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon \varphi_D}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{\varepsilon - \varphi_A}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{\varphi_A}{R_4}$$

по ЗСЗ для (a)

$$I_3 = I_4 + I_D$$

$$I_2 = I_1 + I_D$$

$$\varphi_A - \varphi_B = U_D = U_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{\mathcal{E} - \varphi_D}{R_1} + \frac{\mathcal{E} - \varphi_A}{R_3} = \frac{\varphi_B}{R_2} + \frac{\varphi_A}{R_4} \quad \text{После } r = 1 \text{ Ом}$$

$$\frac{\mathcal{E} - \varphi_B}{5r} + \frac{\mathcal{E} - \varphi_A}{R} = \frac{\varphi_D}{r} + \frac{\varphi_A}{22r} \quad R = R_3$$

~~$\mathcal{E} - \varphi_B$~~

$$I_3 = I_4 + I_D \quad \frac{\mathcal{E} - \varphi_A}{R_3} = \frac{\varphi_A}{R_4} + \frac{P_D}{U_D}$$

$$\frac{\mathcal{E} - \varphi_A}{R_3} - \frac{\varphi_A}{R_4} = \frac{P_D}{U_D} \quad \frac{\mathcal{E} R_4 - \varphi_A R_4 - \varphi_A R_3}{R_3 R_4} = \frac{P_D}{U_D}$$

$$\mathcal{E} R_4 - \varphi_A (R_4 + R_3) = \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_4$$

$$\varphi_A = \frac{\mathcal{E} R_4 - \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_4}{R_4 + R_3}$$

$$I_2 = I_1 + I_D \quad \frac{\varphi_B}{R_2} = \frac{\mathcal{E} - \varphi_B}{R_1} + \frac{P_D}{U_D} \quad \varphi_B = \varphi_A - U_0$$

$$\frac{\mathcal{E} R_4 - \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_4}{R_4 + R_3} - U_0 = \frac{\mathcal{E} \frac{R_4 - \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_4}{R_4 + R_3} + U_0}{R_1} + \frac{P_D}{U_D}$$

$$\frac{\mathcal{E} R_4 - \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_4 - U_0 (R_4 + R_3)}{R_2} = \frac{\mathcal{E} (R_3 + R_4) - \mathcal{E} R_4 + \frac{P_D}{U_D} R_3 R_4 + U_0 (R_4 + R_3)}{R_1}$$

$$+ \frac{P_D}{U_D} \cdot (R_4 + R_3)$$

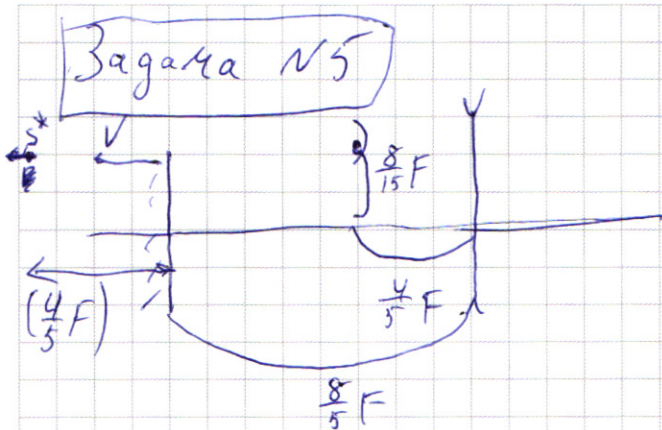
$$\mathcal{E} R_4 R_1 - \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_4 R_1 - U_0 R_4 R_1 - U_0 R_3 R_1 = \mathcal{E} R_3 R_2 + \mathcal{E} R_4 R_2 - \mathcal{E} R_4 R_2 +$$

$$+ \frac{P_D}{U_D} R_3 R_4 R_2 + U_0 R_4 R_2 + U_0 R_3 R_2 + \frac{P_D}{U_D} (R_4 + R_3) R_2 + \frac{P_D}{U_D} \cdot R_4 R_2 R_1 +$$

$$+ \frac{P_D}{U_D} \cdot R_3 R_2 R_1$$

После соотв. преобр.: $164 R_3 = 1078$

$$R_3 = \frac{1078}{164}$$



Поскольку предмет находится на расстоянии $\frac{8}{5}F - \frac{4}{5}F = \frac{4}{5}F$ от зеркала, то, поскольку ~~зерка~~ изображение в зеркале симметрично, расстояние до ^{нового} источника

$$d = \frac{4}{5}F + \frac{8}{5}F = \frac{12}{5}F$$

По формуле тонкой линзы (изобр. линзой м.к. линза рассеивающая)

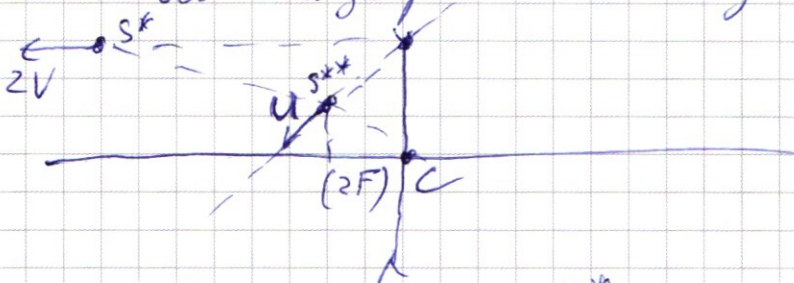
$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} + \frac{5}{12F} = \frac{1}{2F}$$

$$f = 2F$$

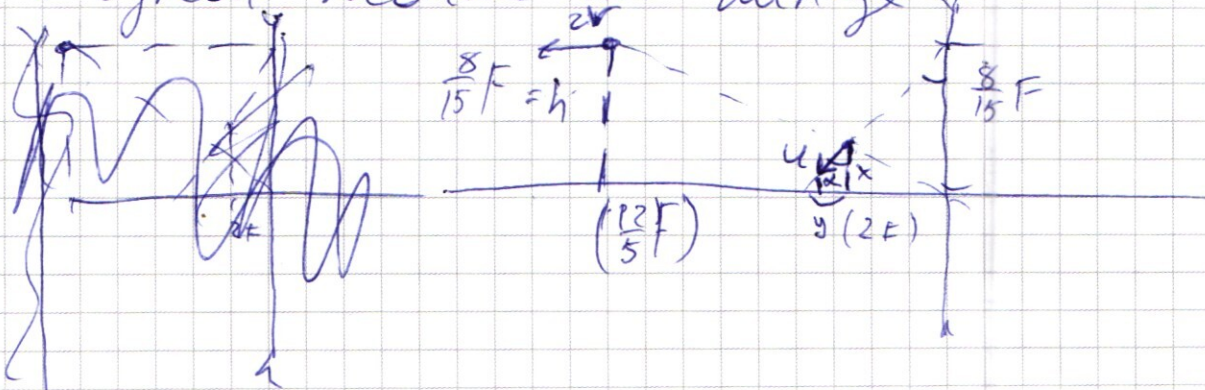
Рассмотрим. Найдем скорость изображения в зеркале. Для этого надо перейти в СО зеркала. В СО зеркала источник движется вправо со скоростью $V \Rightarrow$ его изображение в зеркале будет двигаться влево со скоростью V . Перейдя в СО Земли найдем, что скорость изобр. в зерк. отн. Земле $= V_3 + V_{\text{изобр. отн. зеркала}} = V + V = 2V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Рассмотрим теперь, как будет выглядеть изобр. в линзе



Изображение S^{**} лежит на прямой S^*C . Его горизонт. состав будет сонаправлен со скоростью S^* и продолжение $2V$ и u будет пересекаться в одной точке на линзе



Горизонтальные сост. скорости соотносятся:

$$2V \cdot \Gamma^2 = u_{гор}, \quad \text{где } \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{2F \cdot 5}{12F} = \frac{5}{6}$$

$$u_{гор} = 2V \cdot \frac{25}{36} = \frac{50}{36} V = \frac{25}{18} V$$

Из подобия треугольников $\frac{x \cdot 15}{8F} = \frac{2F \cdot 5}{12F}$ $\frac{x \cdot 15}{8F} = \frac{2F \cdot 5}{12F}$

Из под. триг.:

$$\frac{y}{x} = \frac{(y+2F) \cdot 5}{8F}$$

$$x = \frac{4}{9} F$$

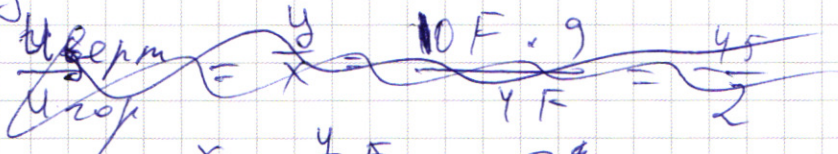
$$\frac{y \cdot g}{4F} = \frac{(y+2F) \cdot 15}{8F}$$

$$3y = (y+2F) \cdot \frac{5}{2}$$

$$3y = y \cdot \frac{5}{2} + 5F$$

$$6y = 5y + 10F$$

$$y = 10F$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y} = \frac{\frac{y}{9} F}{10F} = \frac{2}{45}$$

$$\alpha = \arctg \frac{2}{45}$$

$$\frac{U_{\text{верт}}}{U_{\text{гор}}} = \frac{8}{9}$$

$$U_{\text{верт}} = U_{\text{гор}} \cdot \frac{\frac{y}{9} F}{10F} = \frac{25}{18} V \cdot \frac{2}{45} = \frac{5}{81} V$$

$$U = \sqrt{U_{\text{верт}}^2 + U_{\text{гор}}^2} = \sqrt{\left(\frac{25}{18}\right)^2 V^2 + \left(\frac{5}{81}\right)^2 V^2} = \frac{5}{9} V \sqrt{\frac{25}{4} + \frac{1}{81}} = \frac{5}{9} V \sqrt{\frac{25 \cdot 81 + 4}{81 \cdot 4}} = \frac{5}{81 \cdot 2} \sqrt{25 \cdot 81 + 4} = \frac{5}{162} \sqrt{2029} V$$

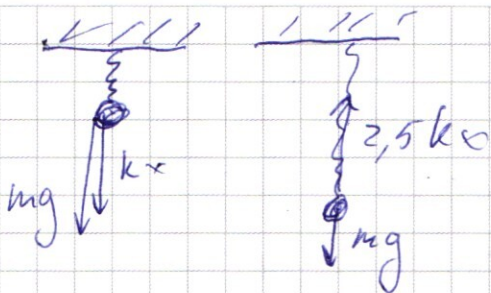
$$U_{\text{верт}} : f = 2F; \alpha = \arctg \frac{2}{45}; U = \frac{5}{162} \sqrt{2029} V$$

Задача N 1



Модули ускорения шарика могут быть одинаковы только с разных сторон от положения равновесия, т.к. сила, действующая на шарик, зависит от смещения. Следовательно $F_{\text{арх}}$ противоположны.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Заметим, что $F_{упр}$ больше тогда, когда она противоположна силе тяжести (чтобы модуль ускорения был одинаков)

Тогда: $23M$

$$ma = mg + kx \quad (\text{Все по модулям})$$

$$ma = 2,5kx - mg \quad (\text{Направление вверх ускорение, т.к. смещено вниз от положения равновесия})$$

$$kx = (ma - mg)$$

$$ma = 2,5ma - 2,5mg - mg$$

$$1,5ma = 3,5mg \quad \boxed{a = \frac{7}{3}g}$$

Пусть $x(t) = A \sin(\omega t)$ - A - амплитуда

$$v(t) = A\omega \cos(\omega t) \quad a(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t), \quad \text{где } A\omega = v_{\max}$$

$$A\omega^2 = a_{\max}; \quad \cos(\omega t) = \frac{v}{v_{\max}}; \quad \sin(\omega t) = -\frac{a}{a_{\max}}$$

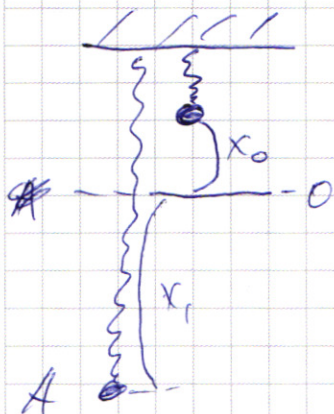
$$\cos^2(\omega t) + \sin^2(\omega t) = \left(\frac{v}{v_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{a}{a_{\max}}\right)^2 = 1$$

$$\frac{v_1^2}{v_{\max}^2} = 1 - \frac{a_1^2}{a_{\max}^2}; \quad \frac{v_2^2}{v_{\max}^2} = 1 - \frac{a_2^2}{a_{\max}^2}; \quad \text{т.к. максимальные}$$

значения v_{\max} и a_{\max} ~~одинаковы~~ одинаковы для первого и второго случая и $|a_1| = |a_2|$, то $v_1^2 = v_2^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}} \text{ — равны}$$

Рассмотрим крайнюю точку амплитуды



т.к. по условию в начале пружина не растянута, то $mg = kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$. Начальная энергия = потенциальной энергии шарика = $mg \cdot x_0 = \frac{m^2 g^2}{k}$. Когда шарик будет

пересекать точку равновесия, его энергия будет складываться из энергии пружинки и к.э.

$$E = E_0 = \frac{m^2 g^2}{k} = \frac{kx_0^2}{2} + kx_0^2 \Rightarrow k = \frac{m^2 g^2}{k} - \frac{kx_0^2}{2} = \frac{m^2 g^2}{k} - \frac{m^2 g^2}{2k} = \frac{m^2 g^2}{2k}$$

В точке А шарик остановится \Rightarrow

$$\Rightarrow E = E_0 = \frac{m^2 g^2}{k} = \frac{kx_1^2}{2} + mgx_1$$

$$\frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 - \frac{m^2 g^2}{k} = 0$$

$$x_1 = \frac{mg \pm \sqrt{m^2 g^2 + 4 \cdot \frac{k}{2} \cdot \frac{m^2 g^2}{k}}}{k} = \frac{mg \pm mg\sqrt{3}}{k} \begin{cases} \frac{mg}{k}(1-\sqrt{3}) \\ \frac{mg}{k}(1+\sqrt{3}) \end{cases}$$

Первый корень отрицательный т.к. x_1 рассматривается $\forall x_1 > 0$,

$$x_1 = \frac{mg}{k}(1+\sqrt{3})$$

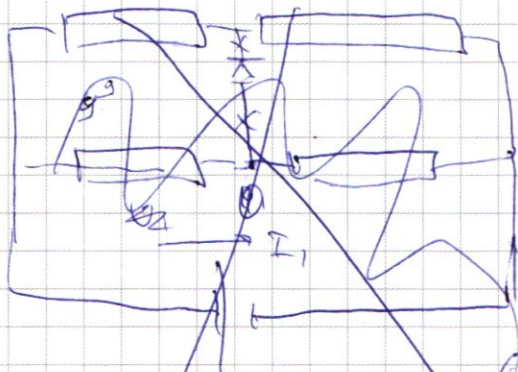
Максимальная энергия деформ. $U_{\max} = \frac{k(x_0 + x_1)^2}{2} =$

$$= \frac{k \left(\frac{mg}{k} + \frac{mg}{k}(1+\sqrt{3}) \right)^2}{2} = \frac{(mg(2+\sqrt{3}))^2}{2k} = \frac{m^2 g^2 (2+\sqrt{3})^2}{2k}$$

$$\frac{U_{\max}}{K} = \frac{m^2 g^2 (2+\sqrt{3})^2}{2k} \cdot \frac{2k}{m^2 g^2} = (2+\sqrt{3})^2 = 4+3+4\sqrt{3} = 7+4\sqrt{3}$$

Ответ: $a = \frac{7}{3}g$; $\frac{K_1}{K_2} = 1$; $\frac{U_{\max}}{K_{\max}} = 7+4\sqrt{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$$\frac{\mathcal{E}_1 R_4}{R_3 + R_4} - \frac{\mathcal{E}_2 R_2}{R_1 + R_2} = U_0$$~~

$$\frac{\mathcal{E}_1 R_4}{R_3 + R_4} - \frac{\mathcal{E}_2 R_2}{R_1 + R_2} < U_0$$

$$\mathcal{E}_1 R_4 (R_1 + R_2) - \mathcal{E}_2 R_2 (R_3 + R_4) < U_0 (R_3 + R_4) (R_1 + R_2)$$

$$\mathcal{E}_1 R_4 R_1 + \mathcal{E}_1 R_4 R_2 - \mathcal{E}_2 R_2 R_3 + \mathcal{E}_2 R_2 R_4 < U_0 R_3 R_1 + U_0 R_3 R_2 + U_0 R_4 R_1 + U_0 R_4 R_2$$

$$- \mathcal{E}_2 R_2 R_3 - U_0 R_3 R_1 - U_0 R_3 R_2 <$$

$$< U_0 R_4 R_1 + U_0 R_4 R_2 - \mathcal{E}_2 R_2 R_4 - \mathcal{E}_1 R_2 R_4 - \mathcal{E}_1 R_4 R_1$$

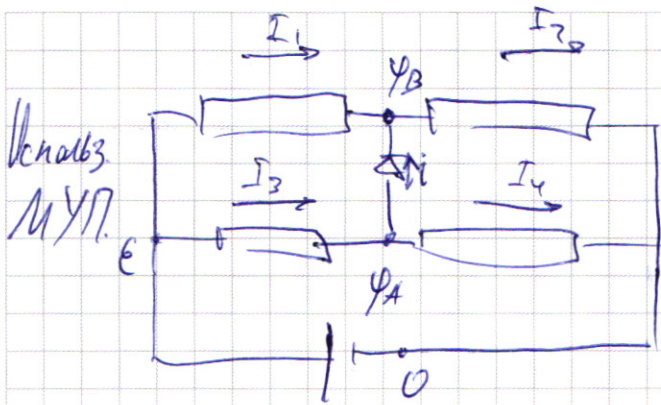
$$- 12 \cdot 1 \cdot R_3 - 1 \cdot 5 \cdot R_3 - 1 \cdot 1 \cdot R_3 <$$

$$< 1 \cdot 22 \cdot 5 + 1 \cdot 22 \cdot 1 - 12 \cdot 1 \cdot 22 - 12 \cdot 1 \cdot 22 - 12 \cdot 22 \cdot 5$$

$$- 18 R_3 < - 1716$$

$$R_3 < \frac{1716}{18} = \frac{572}{6} = \frac{286}{3}$$

Т.е. при $R_3 > \frac{286}{3}$ ток будет течь



Поскольку через
диод течет ток, то

$$I_3 = I_4 + i$$

$$I_2 = I_1 + i$$

Продолжим
и задачи

$$I_2 - I_1 > 0 \quad \frac{\varphi_B}{R_2} - \frac{\varepsilon - \varphi_B}{R_1} > 0$$

$$\varphi_B R_1 - \varepsilon R_2 + \varphi_B R_2 > 0$$

$$\varphi_B > \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2} \quad \varphi_A = \varphi_B + U_0$$

$$\frac{\varepsilon - \varphi_A}{R_3} = \frac{\varphi_A}{R_4} > 0$$

$$\varepsilon R_4 - \varphi_A R_4 - \varphi_A R_3 > 0$$

$$\varepsilon R_4 - \varphi_A R_4 > R_3 \cdot \varphi_A \quad R_3 < \frac{\varepsilon R_4 - \varphi_A R_4}{\varphi_A} =$$

$$= \frac{\varepsilon R_4 - \left(\frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2} + U_0\right) R_4}{\frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2}}$$

сопротивления, при котором произойдет откры-
вание

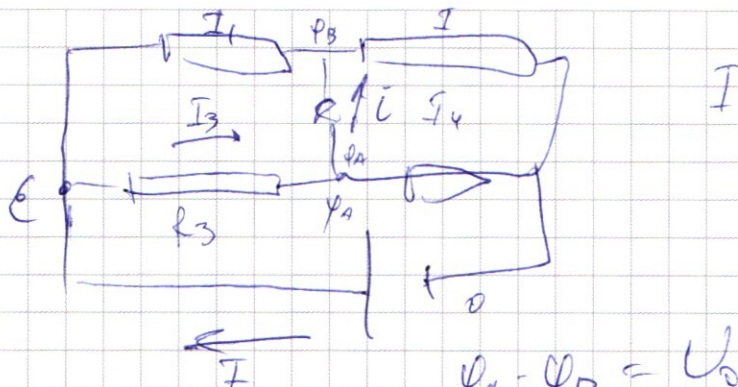
$$R_3 = \frac{\varepsilon R_4 - \varepsilon R_4 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_0 R_4}{\frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{12 \cdot 22 - 12 \cdot 22 \cdot \frac{1}{6} - 1 \cdot 22}{\frac{12 \cdot 1}{6}}$$

$$= \frac{11 \cdot 22 - 6 \cdot 22}{2} = \frac{11 \cdot 11 - 6 \cdot 11}{2} = 55 \text{ Ом}$$

При $R_3 \gg R_4$, $\varphi_A \approx \varepsilon$. φ_B не может быть
 $\approx \varepsilon \Rightarrow$ Диод будет открыт при $R_3 > 55 \text{ Ом}$

Ответ: $I_0 = 2 \text{ А}$; $R_3 > 55 \text{ Ом}$; $R_3 = \frac{1078}{164}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varphi_A - \varphi_B = U_0$$

$$I_3 = \frac{E - \varphi_A}{R_3} \quad I_4 = \frac{\varphi_A}{R_4}$$

$$I_3 - I_4 > 0$$

$$\frac{E - \varphi_A}{R_3} - \frac{\varphi_A}{R_4} > 0$$

$$I_1 = \frac{E - \varphi_B}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_B}{R_2}$$

$$\frac{E - \varphi_A}{R_3} > \frac{\varphi_A}{R_4}$$

~~$$(E - \varphi_A) R_4 > \varphi_A R_3$$~~

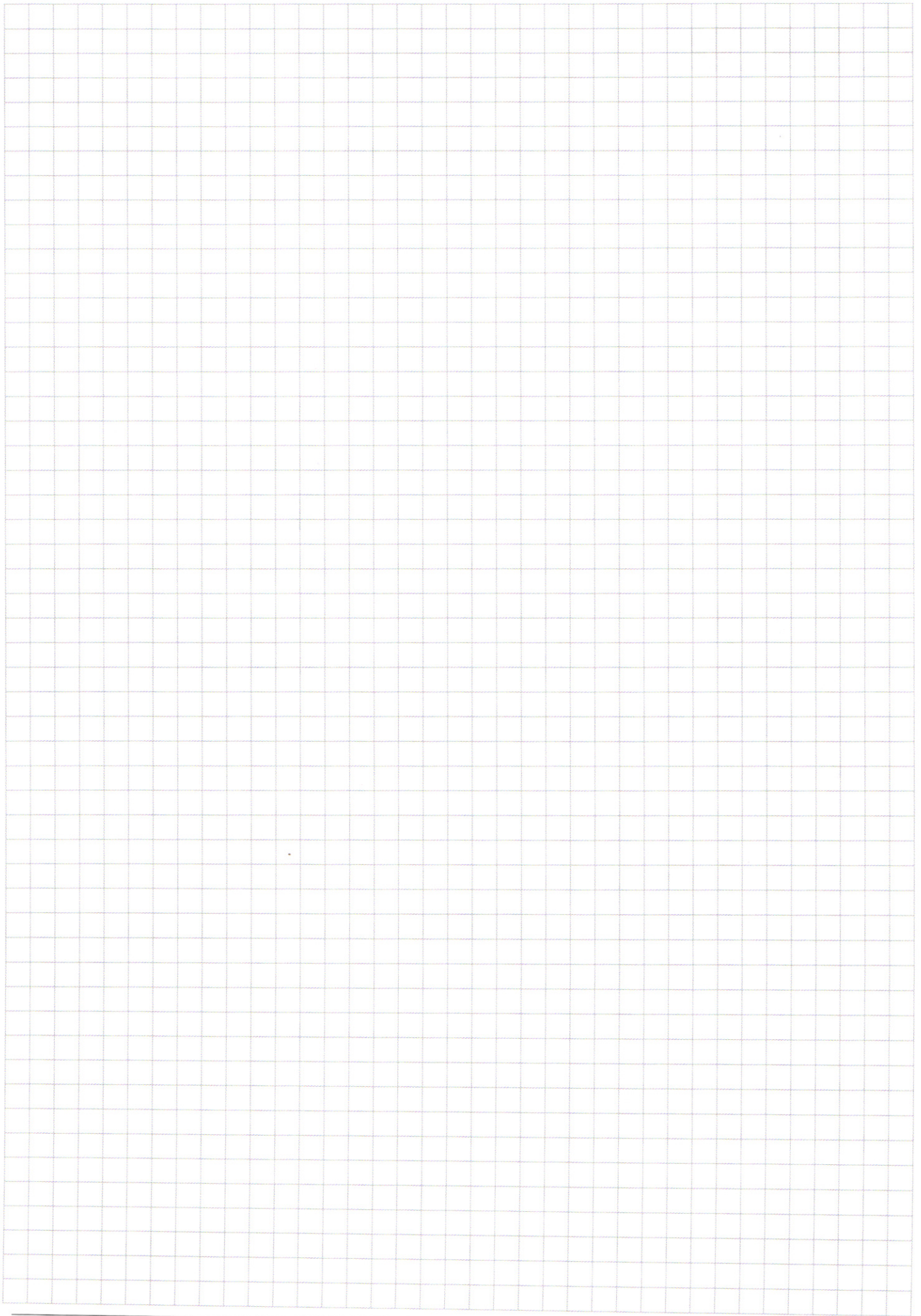
$$I_2 - I_1 > 0$$

$$\frac{\varphi_B}{R_2} - \frac{E - \varphi_B}{R_1} > 0$$

$$\varphi_B R_1 - (E - \varphi_B) R_2 > 0$$

$$\varphi_B R_1 - E R_2 + \varphi_B R_2 > 0$$

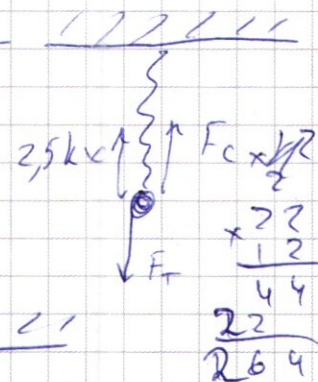
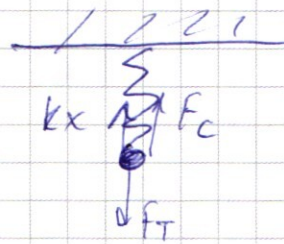
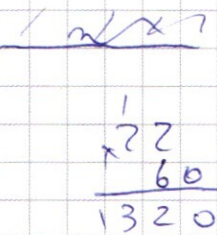
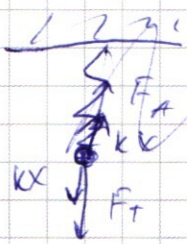
$$\varphi_B (R_1 + R_2) > E R_2 \quad \varphi_B > \frac{E R_2}{R_1 + R_2}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

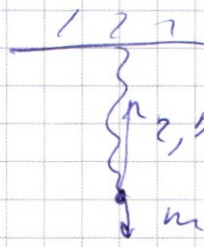
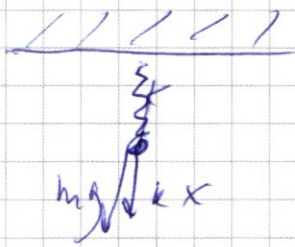
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$ma = kx + F_{c1} - F_m$$

$$ma = 2,5kx + F_{c2} - F_m$$



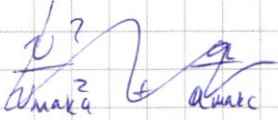
$$ma = mg + kx$$

$$ma = 2,5kx - mg$$

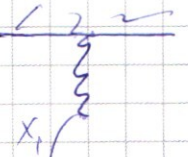
$$kx = ma - mg$$

$$ma = 2,5(ma - mg) - mg$$

$$a = a_{\max} (\cos \omega t) \quad A$$



E_n



$$\frac{v_{\max}^2}{v_{\max}^2} + \frac{a}{(a_{\max})^2} = 1$$

$$\frac{v_c^2}{v_{\max}^2} + \frac{a^2}{a^2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + E_n = \frac{mv_2^2}{2} + E_{n2}$$

$$E_{n1} = \frac{kx_1^2}{2} + mgx_1$$

$$E_{n2} = \frac{k \cdot (2,5x_1)^2}{2} + mg \cdot 2,5x_1$$

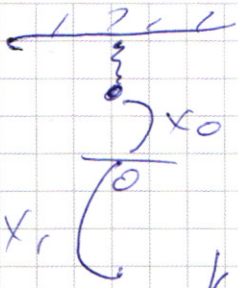
1320
+ 264
264
528
- 528
132
396

132
140 + 22 - 264 -
- 264 - 1320
132 - 528 - 1320
- 396 - 1320

+ 1320
396
1716

1716 | 3
15 | 572
21

- 572 | 2
4 | 1286
- 16 | 12



$$x_0 = \frac{mg}{k}$$

$$E_1 = \frac{kx^2}{2} = \frac{m^2g^2}{2k} = E_{\text{max}}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} + mgx_0 = \frac{kx_1^2}{2} + mgx_1$$

$$\frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 - mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2} = 0$$

$$\frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 - \frac{m^2g^2}{k} - \frac{m^2g^2}{2k} = 0$$

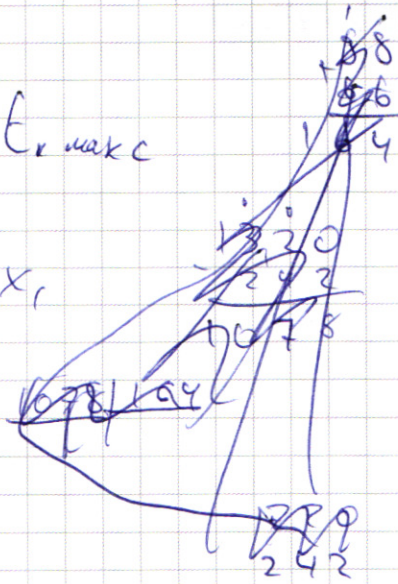
$$\frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 - \frac{3m^2g^2}{2k} = 0$$

$$x_1 = \frac{mg \pm \sqrt{m^2g^2 + 4 \cdot \frac{k}{2} \cdot \frac{3m^2g^2}{2k}}}{k} = \frac{mg \pm \sqrt{m^2g^2 + 3m^2g^2}}{k}$$

$$= \frac{mg \pm 2mg}{k}, \text{ m.k. } x$$

$$\frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 - \frac{m^2g^2}{k} = 0$$

$$x_1 = \frac{mg \pm \sqrt{m^2g^2 + 4 \cdot \frac{k}{2} \cdot \frac{m^2g^2}{k}}}{k} = \frac{mg \pm \sqrt{3m^2g^2}}{k}$$



1	2
1	0
2	2
3	3
6	0
2	2
4	0
1	3
2	0

$$ER_4R_1 - \frac{P_D}{V_D} \cdot R_3R_4 \cdot R_1 - U_0R_4R_1 - U_0R_3R_1 =$$

$$= \frac{ER_3R_2 + ER_4R_2 - \frac{P_D}{V_D} R_3R_4R_2 + U_0 \cdot R_4R_2 + U_0R_3R_2 + \frac{P_D}{V_D} R_4R_2R_1 + \frac{P_D}{V_D} \cdot R_3R_2 \cdot R_1$$

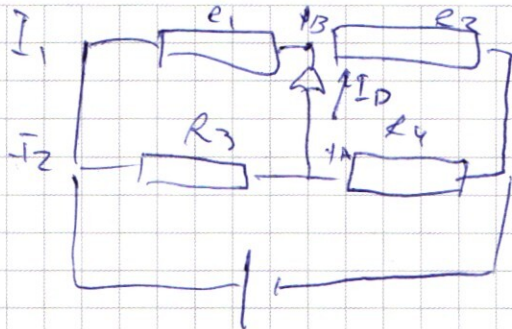
$$+ \frac{P_D}{V_D} \cdot R_3R_4R_1 + U_0R_3R_1 + ER_3R_2 + \frac{P_D}{V_D} R_3R_4R_2 + U_0R_3R_2 + \frac{P_D}{V_D} R_3R_2R_1 =$$

$$= U_0R_4R_2 + \frac{P_D}{V_D} R_4R_2R_1 - ER_4R_1 - U_0R_4R_1 = +1078 = 164x$$

$$\begin{array}{r} 1 \cdot 22 \cdot 1 + 3 \cdot 22 \cdot 1.5 - 12 \cdot 22 \cdot 5 - 1 \cdot 22 \cdot 5 \\ 22 + 330 - 1320 - 110 \end{array} \quad \begin{array}{r} 32x + 66x + 66x \\ 98x + 66x = \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 3 \cdot x \cdot 22 + 1 \cdot x \cdot 5 + 12 \cdot x \cdot 1 + 3 \cdot x \cdot 22 \cdot 1 + 1 \cdot x \cdot 1 + 3 \cdot x \cdot 5 \cdot 1 \\ 66x + 5x + 12x + 66x + x + 15x \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_D = U \cdot I_D \quad I_D = \frac{P_D}{U_0}$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} \quad \varphi_B = \frac{R_2 \cdot E}{R_1 + R_2}$$

$$\varphi_A = \frac{R_3 \cdot E}{R_3 + R_4}$$

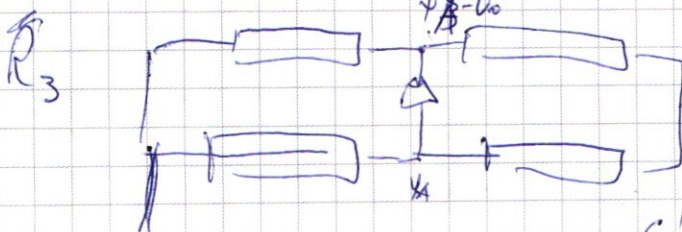
$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{R_3 \cdot E}{R_3 + R_4} - \frac{R_2 \cdot E}{R_1 + R_2} \geq U_0 - \text{охлаждения}$$

$$R_3 \cdot E (R_1 + R_2) - R_2 \cdot E (R_3 + R_4) \geq U_0 (R_3 + R_4) (R_1 + R_2)$$

$$\underline{E R_3 R_1} + \underline{E R_3 R_2} - \underline{E R_2 R_3} - \underline{E R_2 R_4} \geq \underline{U_0 R_3 R_1} + \underline{U_0 R_3 R_2} + \underline{U_0 R_4 R_1} + \underline{U_0 R_4 R_2}$$

$$E R_3 R_1 + E R_3 R_2 - E R_2 R_3 - U_0 R_3 R_4 + U_0 R_3 R_2 \geq U_0 \cdot R_4 R_2$$

$$\geq U_0 R_4 R_1 + U_0 R_4 R_2 + E R_2 R_4 \quad \frac{(E - \varphi_A) R_4 - \varphi_B R_3}{R_3 R_4} =$$



$$I_3 = I_4 + I_D = \frac{P_D}{U_0}$$

$$I_2 = I_1 + I_D$$

$$E R_4 - \varphi_A (R_4 + R_3) =$$

$$\frac{(E - \varphi_B)}{R_1} = I_1 \quad \frac{(E - \varphi_A) R_4}{R_4 R_3} = \frac{P_D}{U_0} \quad \frac{E - \varphi_A}{R_4} - \frac{\varphi_A}{R_3} = \frac{P_D}{U_0} = \frac{P_D \cdot R_3 R_4}{U_0}$$

$$E - \varphi_A = \frac{P_D}{U_0} \cdot R_4 \quad E - \varphi_A$$

$$E - \varphi_B = \bar{I}_1$$

$$ER_3(R_1 + R_2) - ER_1(R_3 + R_4) < U_0(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)$$

$$\underline{ER_3 R_1} + \underline{ER_3 R_2} - \underline{ER_1 R_3} - \underline{ER_1 R_4} < \underline{U_0 R_1 R_3} + \underline{U_0 R_2 R_3} + \underline{U_0 R_1 R_4} + \underline{U_0 R_2 R_4}$$

$$R_3(ER_1 + ER_2 - ER_1 - U_0 R_1 - U_0 R_2) <$$

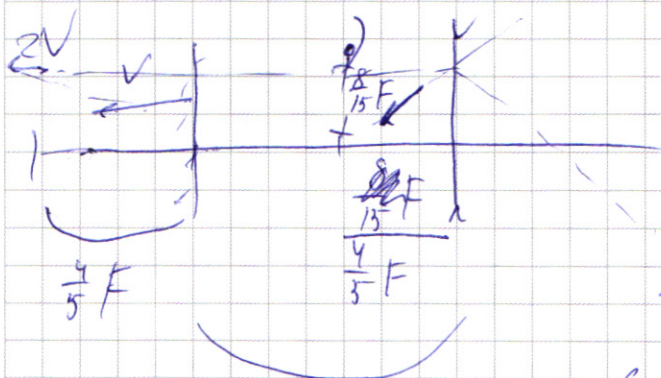
$$< U_0 R_1 R_4 + U_0 R_2 R_4 + ER_1 R_4$$

$$\frac{25 \cdot 81 + 4}{81 \cdot 4}$$

$$R_3 < \varepsilon$$

$$\frac{25}{4} + \frac{1}{81} =$$

$$\times \frac{27}{5}$$



$$\frac{10 \cdot 5}{4} = \frac{45}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 81 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 110 \\ \times 12 \\ \hline 1320 \\ \times 60 \\ \hline 1320 \\ \times 22 \\ \hline 2880 \\ \hline 1320 \end{array}$$

$$\frac{8}{5} F$$

$$F = \frac{f}{d} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6}$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$$

$$\frac{15x}{8F} = \frac{2F \cdot 5}{12}$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{5}{12F} - \frac{1}{F}$$

$$x = \frac{8F \cdot 2F \cdot 5}{18 \cdot 3} = \frac{16F^2 \cdot 5}{54}$$

$$\frac{6}{12F} = \frac{1}{F} \quad F = 2F$$

$$x = \frac{4}{9} F$$

$$\frac{y \cdot 8}{4F} = \frac{(y + 2F) \cdot 15}{28F}$$

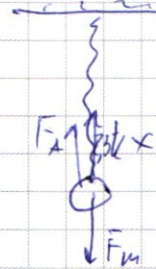
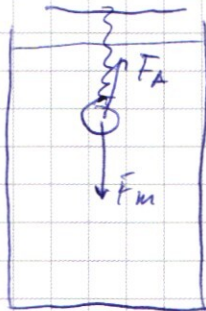
$$y = \frac{5}{6} y + \frac{10}{3} F$$

$$\frac{y \cdot 8}{4F} = \frac{(y + 2F) \cdot 15}{28F}$$

$$y = (y + 2F) \cdot \frac{5}{6}$$

$$3y = \frac{5}{2}(y + 2F)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$ma = kx + F_m + F_A$$

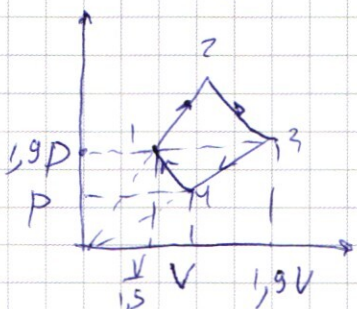
$$ma = 2,5kx + F_A - F_m$$

$$ma = kx + mg + \rho_m V g$$

$$ma = 2,5kx + \rho_m V g - mg$$

$$a = kx + g + \frac{\rho_k}{\rho_m} g$$

$$a = 2,5kx + g + \frac{\rho_k}{\rho_m} g - g$$



$$P \cdot V = 1,9P \cdot \frac{V}{1,5}$$

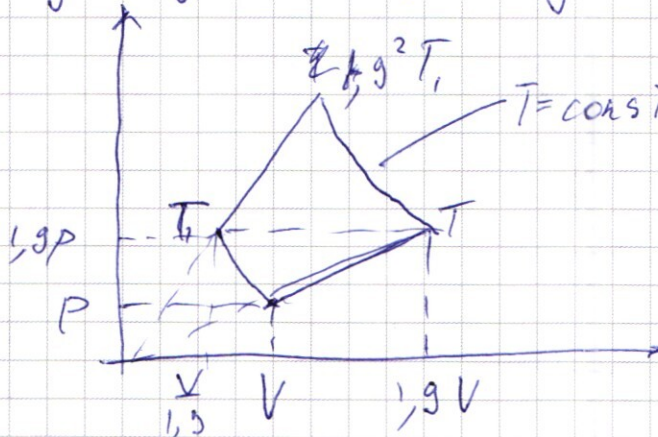
$$1,9P \cdot PV = \nu RT_1$$

$$\frac{T}{T_1} = (1,9)^2$$

$$kV = kT_1$$

$$P_1 V_1 = \nu RT_1$$

$$kP_1 \cdot kV_1 = \nu RT = k = 1,9$$

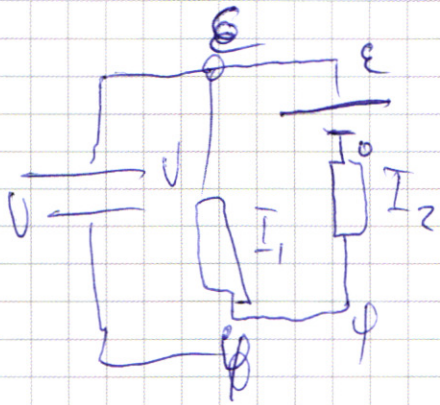


$$\nu RT = 1,9P \cdot 1,9V$$

$$\nu RT_1 = PV$$

$$c = \frac{i}{2} R + \frac{1}{2} R$$

$$\begin{array}{r} \times 1,9 \\ 8 \\ \hline 19 \\ \times 1,9 \\ \hline 171 \\ 19 \\ \hline 261 \end{array}$$



Мемог покемб.

$$P = U \cdot I$$

$$I = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

~~$$P = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t} \cdot U$$~~

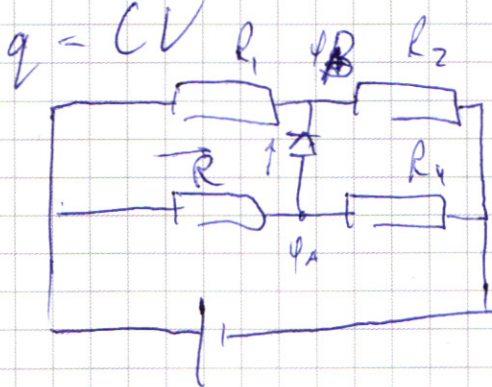
$$E - \varphi = U \quad \varphi = E - U$$

$$I_1 = \frac{E - \varphi}{R} \quad I_2 = \frac{\varphi}{R}$$

$$I_C = I_2 - I_1 = \frac{U}{R} - \frac{E - U}{2R} = \frac{2U - E + U}{2R} = \frac{3U - E}{2R}$$

~~$$P = \frac{U}{R} \cdot U \cdot \frac{E - U}{2R} - \frac{U}{R} = \frac{E - U - 2U}{2R} = \frac{E - 3U}{2R}$$~~

$$P = \frac{E - 3U}{R} \cdot U = \frac{E \cdot U}{R} -$$



$$I_0 = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$I_3 = \frac{E - \varphi_A}{R_3}$$

$$I_1 = \frac{E - \varphi_B}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_B}{R_2}$$

$$I_4 = \frac{\varphi_A}{R_4}$$

$$I = I_1 + I_3$$

$$I_4 \quad \varphi_A - \varphi_B \geq U$$

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$\frac{E - \varphi_A}{R_3} + \frac{E - \varphi_B}{R_1} = \frac{\varphi_B}{R_2} + \frac{\varphi_A}{R_4}$$

$$\frac{E - \varphi_A}{R_3} = \frac{\varphi_B}{R_2} + \frac{\varphi_A}{R_4} - \frac{E - \varphi_B}{R_1}$$